

Aus der Kinderklinik
der Universität Düsseldorf
Direktor: Professor Dr. G.-A. von Harnack

Die Aplanationstonometrie
an der großen Fontanelle

Dissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
Der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf

vorgelegt von
Hans-Uwe Daniels
1980



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus der Kinderklinik
der Universität Düsseldorf

Direktor: Professor Dr. G.-A. von Harnack

Die Aplanationstonometrie
an der großen Fontanelle

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin.
Der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf

vorgelegt von

Hans-Uwe Daniels

1980

" Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität Düsseldorf "

Der Dekan
der Medizinischen Fakultät
der Universität Düsseldorf

Referent
gez.: Prof. Dr. Dipl.-Psych. Mortier

gez.: Prof. Dr. Krüskemper

Korreferent
gez.: Prof. Dr. Bock



Inhaltsverzeichnis

1.1.	Einleitung	1
1.2.	Aufgabenstellung	4
2.	Material und Methoden	5
2.1.	Das Meßinstrument	5
2.2.	Probandengut	9
3.	Ergebnisse	11
3.1.	Ergebnisse zur Meßmethode	11
3.2.	Verlaufsbeobachtungen bei Neugeborenen und Frühgeborenen	20
3.2.1.	Verlaufsbeobachtungen von Kopfumfang und Fontanellengröße	20
3.2.2.	Verlaufsbeobachtungen des Aplanationsdrucks	21
3.3.	Fallbeschreibungen	30
4.	Diskussion	42
5.	Zusammenfassung	46
6.	Literatur	48

1.1. Einleitung

Hypoxie, Hirnblutungen, Mekoniumaspiration, Meningitis und C.P.A.P.- Behandlung Frühgeborener (continuous positive airway pressure) sowie erschwerte Geburten stellen häufige Ursachen eines erhöhten Schädelinnendrucks dar (26, 32, 35, 36, 39).

Am häufigsten führt ein angeborener oder erworbener Hydrocephalus verschiedener Genese zu einer Druckerhöhung im Schädelinnenraum (6, 20, 32).

Klinische Symptome wie Bewußtseinslage, Kopfumfang, Augenhintergrundsveränderungen, Fontanellenspannung und neurologische Ausfallerscheinungen sind für die Diagnose wichtig. Im Zweifelsfall sind jedoch intrakranielle Druckmessungen von entscheidender Bedeutung.

Das Prinzip direkter invasiver Meßmethoden besteht in der Punktion des intraventrikulären (12, 28), subduralen / subarachnoidalen (13, 33) oder epiduralen Raumes (14, 15). Mit Hilfe einer druckaufnehmenden Sonde werden die gemessenen Werte auf einen Schreiber übertragen.

Diese Methoden bieten den Vorteil der direkten und genauen Langzeitmessung. Mit ihrer Hilfe kann der Einfluß verschiedener Vitalfunktionen wie Atmung und Blut-CO₂-Konzentration auf den intrakraniellen Druck dargestellt werden (19, 22). Zudem ist es möglich, Zustände eines " Normal Pressure Hydrocephalus " während der Schlafphasen der Patienten zu diagnostizieren (23).

Wegen des Infektions- und Blutungsrisikos , der Möglichkeit lokaler Hirnschädigungen und der Ausbildung von Liquor-

fisteln sowie des apparativen und finanziellen Aufwands bieten sich diese Methoden als Routine-Untersuchungsverfahren in der täglichen Praxis nicht an.

Unter den nichtinvasiven Meßmethoden sind die Pulsationsmessungen an der großen Fontanelle von Säuglingen zu erwähnen (1,3, 7, 25, 29). Diese erlauben allerdings keine quantitativen Aussagen über die intrakraniellen Druckverhältnisse (41).

Erstmals beschrieben DAVIDOFF und CHAMLIN (1959) die Messung des Druckes über der großen Fontanelle mit Hilfe des für diesen Zweck abgewandelten Schiötz-Tonometers zur Augeninnendruckmessung. Wegen der methodischen Unsicherheit konnte sich diese Methode nicht durchsetzen (41).

Eine Methode, die nicht von der Elastizität der Fontanellenoberfläche abhängt, wird von VIDYASAGAR und RAJU (1977) beschrieben. Dabei wird der Druck über der großen Fontanelle auf eine Membran übertragen, die mit einem Spiegel in direktem Kontakt steht. Bei der Messung erfährt dieser eine Auslenkung und reflektiert auf ihn einfallendes Licht in eine andere Richtung. Die Auslenkung entspricht einem bestimmten Druckwert und ist diesem direkt proportional.

WELTHALL und SMALLWOOD (1974) sowie ROBINSON et al. (1977) und SALMON et al. (1977) führten Untersuchungen mit dem " Aplanation Transducer " durch. Das Meßinstrument besteht aus einem kreisförmigen Schutzring, der einen druckempfindlichen Kolben umgibt. Das Meßprinzip besteht darin, daß die dem Schädelinnendruck proportionale Fontanellenvorwölbung eine Auslenkung des Kolbens bewirkt, die dem

intrakraniellen Druck entspricht.

Neben diesen Langzeitmessverfahren wurden auch handliche
Aplanationstonometer für den kurzzeitigen Einsatz ent-
wickelt (EDWARDS (1974), BOSTON et al. (1976)).

1.2. Aufgabenstellung

Die vorliegende Untersuchung soll die klinische Anwendungsmöglichkeit der Fontanellendruckmessung mit dem Aplanationstonometer nach BOSTON et al. (4) in der elektronischen Ausführung darlegen.

Daten zur Objektivität der Messmethode sowie eine Validitätsüberprüfung des Meßinstruments durch den Vergleich zwischen manometrischer Druckmessung (bei Liquor- bzw. Ventrikelpunktion) und gleichzeitiger Aplanationsdruckmessung sollen vorgelegt werden.

Im Rahmen einer Longitudinalstudie soll der Verlauf des Aplanationsdrucks parallel mit Kopfumfang und Fontanellengröße bei Neugeborenen und Frühgeborenen in den ersten drei Lebensmonaten dargestellt werden.

Druckverlaufskurven bei Kindern mit erhöhten intrakranialen Druck vor und nach drucksenkender Therapie sollen den klinischen Nutzen des Gerätes dokumentieren.

2. Material und Methoden

2.1. Das Meßinstrument

Das Meßinstrument arbeitet nach dem Aplanationsprinzip. Der Meßkopf schaltet die Elastizität der Kopfhaut durch einen breitbasigen Aufsatzring aus. In der Mitte des Aufsatzringes ist eine kreisförmige Aussparung für den nach innen beweglichen Meßkolben, der federnd gelagert ist. Wird der Aufsatzring plan auf die Kopfhaut der vorderen Fontanelle aufgesetzt, tritt der Kolben um die Wegstrecke in das Meßinstrument ein, die dem Schädelinnendruck proportional ist. Die von der Feder erzeugte Gegenkraft zum tatsächlichen Schädelinnendruck wird auf eine geeichte Ablesevorrichtung elektronisch übertragen.

Beim Meßvorgang zeigt sich zunächst ein schnelles Ansteigen des Meßwertes, der alsbald in eine statische Phase übergeht (sh. Abb. 1).

Meßwert

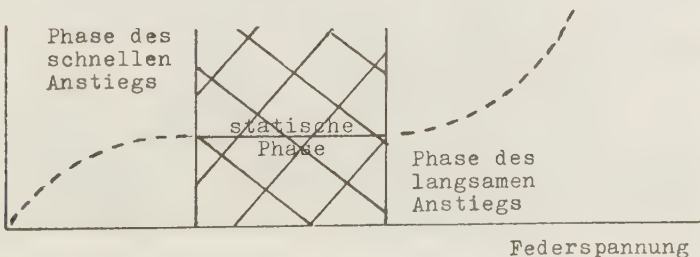


Abb. 1: Schematische Darstellung des Druckverhaltens bei Anwendung des Aplanationstonometers

Die Werte der kurzzeitig-statischen Phase entsprechen dem tatsächlichen Schädelinnendruck. Der darauf folgende zweite langsamere Anstieg des Meßwertes beruht auf der Volumeneinengung des intrakraniellen Raumes durch artefizielle Einwirkung von außen auf die Fontanelle (4).

Im Rahmen dieser Untersuchung fand das Aplanations-tonometer von BOSTON et al. (1976) in einer verbesserten elektronischen Ausführung Verwendung (Abb. 3). Das Gerät ist 3,5 cm hoch, 6,2 cm breit und 12,5 cm lang; es hat ein Gewicht von 400 gr. .

Auf der Vorderseite des Tonometers befindet sich linksseitig eine Ableseskala von 0 - 60 (Druck in cm Wassersäule). In der Mitte sind zwei Schrauben eingelassen: die Schraube 1 dient der Nulleinstellung, die Schraube 2 der Eicheinstellung bei einem Druck von 50 cm H₂O. Der Druckknopf dient zum Einschalten des Gerätes. An der rechten Stirnseite befindet sich der Tastkopf mit Aufsatzring und Meßkolben.

Einer Wegstrecke des Kolbens von 0,00025 cm entspricht ein Druck von 1 cm Wassersäule.

Beim Meßvorgang wird der Tastkopf plan auf die Kopfhaut über der großen Fontanelle aufgesetzt und wie oben beschrieben abgelesen. Voraussetzung ist eine hinreichende Fontanellengröße (≥ 18 mm Durchmesser). Die Probanden müssen ruhig auf dem Rücken liegen bzw. müssen schlafen und dürfen nicht schreien oder pressen.



Abb. 2: Handhabung des Aplanationstonometers

TONOMETER

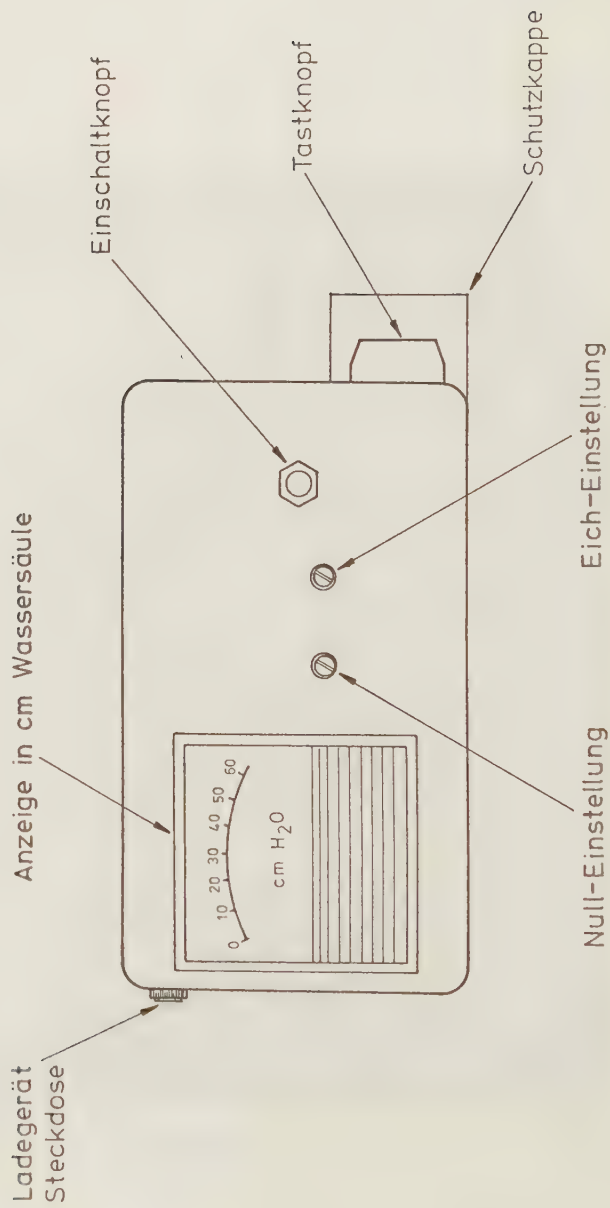


Abb. 3: Das Aplanationstonometer nach BOSTON et al. (1976)

2.2. Probandengut

Im Zeitraum von März bis September 1978 wurden 78 gesunde, reife Neugeborene der Geburtshilflichen Abteilungen der Universitätsfrauenklinik Düsseldorf und des Krankenhauses Mörsenbroich Rath GmbH, Betriebsteil Klinik Flurstrasse 17 in Düsseldorf, sowie 21 Frühgeborene der 36. Schwangerschaftswoche ohne zusätzliche Risikofaktoren in der Universitätskinderklinik Düsseldorf untersucht (Tab. 1).

Tab. 1: Häufigkeiten in den klinischen Gruppen

Anzahl	Neugeborene	Frühgeborene
	78	21

Das Gestationsalter der reifen Neu- und Frühgeborenen wurde anhand der Reife-Bestimmung nach FARR et al. (1966) ermittelt.

Im Rahmen einer Verlaufsbeobachtung wurden diese 99 Kinder mit Einwilligung der Eltern jeweils am 1., 4. und 6. Lebenstag in der Entbindungsklinik, am 14., 30., 60. und 90. Lebenstag zu Hause untersucht.

Bei 45 Kindern, die auf Grund klinischer Daten mit der Fragestellung eines erhöhten Schädelinnendrucks in der Universitätskinderklinik Düsseldorf vorgestellt wurden, sind zum Teil mehrmonatige Aplanationsdruck- und Kopfumfangsverläufe erstellt worden; bei 31 von ihnen wurden zum Ausschluß einer Meningitis bzw. zur Hydrocephalusdiagnostik manometrische Liquordruckmessungen durchgeführt. Gleichzeitig wurden zur Überprüfung der Validität die Aplanationsdruckwerte erhoben.

Acht Säuglinge mit erhöhtem Schädelinnendruck wurden vor und nach therapeutischen Maßnahmen aplanationstonometrisch in engen Zeitabständen überwacht. Der Therapieerfolg sowie Störungen im Krankheitsverlauf sollen als Fallbeschreibungen dokumentiert werden.

3. Ergebnisse

3.1. Ergebnisse zur Meßmethode

Zur Überprüfung des persönlichen Meßfehlers des Untersuchers (intraindividueller Meßfehler) wurden 30 Messungen des Aplanationsdrucks in cm H₂O bei einem Kind unter Ruhebedingungen über der großen Fontanelle erhoben. Die Ergebnisse sind aus Tab. 2 ersichtlich. Mit einem Fehlerrisiko von höchstens 5 % weichen die zu erwartenden Druckwerte um maximal 2 % vom Mittelwert nach oben bzw. unten ab.

Die Objektivität der Meßmethode (interindividueller Meßfehler) wurde ermittelt, indem 9 Untersucher unabhängig voneinander den Aplanationsdruck in cm H₂O jeweils beim gleichen Kind unter Standardbedingungen ermittelten. Die Untersucher erhielten vor der Messung eine Einführung in die Handhabung des Gerätes. Die Ergebnisse sind aus Tab. 3 ersichtlich. Bei einem Fehlerrisiko von höchstens 5 % beträgt die Abweichung der zu erwartenden Druckwerte in guter Übereinstimmung zum Ergebnis des persönlichen Meßfehlers maximal 4 % vom Mittelwert.

Die Frage nach dem Einfluß der Behaarung auf die Druckwerte wurde in einer abhängigen Stichprobe an 15 Kindern untersucht. Die statistischen Kenngrößen sind in Tab. 4

dargestellt. Es konnte kein statistisch signifikanter Unterschied der Druckwerte zwischen unrasierter und rasierter Fontanelle nachgewiesen werden.

Wesentlich für die Beurteilung der Güte des Aplanations-tonometers ist die Validität des Meßgerätes. Sie wurde überprüft durch den Vergleich zwischen den Druckwerten - erhoben mit dem Aplanationstonometer über der großen Fontanelle - und gleichzeitiger direkter Druckmessung durch Liquorpunktion mit Hilfe eines üblichen Steigmanometers. Wie in Abb. 4 dargestellt, zeigt sich ein hoher positiver Zusammenhang zwischen direkter und indirekter Druckmessung. Wie aus dem Vertrauensintervall für r aus Tab. 5 ersichtlich ist, beträgt der Korrelationskoeffizient bei einem Fehlerrisiko von höchstens 0,1 % mindestens 0,95.

Eine Überprüfung der Druckunterschiede bei den beiden Meßmethoden ergab, daß die aufgetretenen Differenzen der Druckwerte zwischen direkter und indirekter Druckmessung sich nicht signifikant voneinander unterscheiden, d.h. als zufällig betrachtet werden können (Tab. 5).

Bei insgesamt 16 Kindern mit der klinischen Fragestellung eines Hydrocephalus wurden zur Überprüfung

qualitativer Merkmale aplanationstonometrische Druckmessungen bei gleichzeitiger Erstellung eines cranialen Computertomogramms (CCT) durchgeführt. Bei 5 Kindern zeigte sich ein unauffälliger Befund, während 11 Kinder eine Ventrikelerweiterung (Tab. 6) zeigten. Diesen CT-Befunden wurden die Aplanationsdruckwerte statistisch gegenübergestellt, indem Druckwerte $\leq 14,0$ cm H₂O als noch normal, $>14,0$ cm H₂O als pathologisch galten. Die statistischen Kenngrößen der Aplanationsdruckwerte der Probanden mit auffälligen und unauffälligen CT-Befunden sind aus Tab. 7 ersichtlich. Statistisch besteht zwischen unauffälligem CT-Befund und normalem Aplanationsdruck bzw. zwischen auffälligem CT-Befund und erhöhtem Aplanationsdruck ein positiver Zusammenhang (Vierfelder-Test: $\chi^2 = 6,32$; $\chi^2_{0,05; 1} = 3,84$).

In Abb. 5 sind die Häufigkeiten der durchführbaren Aplanationsdruckmessungen bei hinreichender Fontanellengröße dargestellt. Durchschnittlich ist dies im 1. Trimenon bei 88 % der reifen Neu- und 86 % der Frühgeborenen der Fall.

Tab. 8 zeigt exemplarisch die Druckunterschiede des manometrisch gemessenen Liquordruckes und des gleichzeitig erhobenen Aplanationsdruckes bei zu kleiner Fontanelle. Erst bei Durchführung des Queckenstedt-Versuches ergeben sich wegen der eintretenden Fontanellenvorwölbung verlässliche Druckwerte.

Tab. 2: Statistische Kenngrößen zum intraindividuellen Fehler (n = Stichprobenumfang, $\bar{x}$ = Mittelwert, s = Standardabweichung, t = kritischer Testwert, t -Verteilung von STUDENT)

n	$\bar{x}$	s	$t_{\alpha=5\%}$	Prozentuale Abweichung vom Mittelwert
30	19,7	0,95	2,05	$\pm 2\%$

Tab. 3: Statistische Kenngrößen zum interindividuellen Fehler (n = Stichprobenumfang, $\bar{x}$ = Mittelwert, s = Standardabweichung, t = kritischer Testwert, t -Verteilung von STUDENT).

n	$\bar{x}$	s	$t_{\alpha=5\%}$	Prozentuale Abweichung vom Mittelwert
9	20,9	1,2	2,31	$\pm 4\%$

Tab. 4: Einfluß der Behaarung auf den Druckwert

(WILCOXON-Test, n = Stichprobenumfang, $\bar{x}$ = Mittelwert, s = Standardabweichung)

n	$\bar{x}$	$2s$	$\bar{x}$	$2s$	R_+	R_-	T	$T_{15;0,005}$
15	12,3	10,2	12,2	9,8	74	31	31	16

Tab. 5: Zur Validität des Meßgerätes: statistische Kenngrößen zum Korrelationskoeffizienten und zum WILCOXON-Test,

n = Stichprobenumfang

$\overline{LD}$ = Mittelwert der direkt gemessenen Liquordrucke

$\overline{AP}$ = Mittelwert der Aplanationsdrucke

n_{korr} = Korrigiertes n nach Eliminierung der Wertepaare mit gleichen Werten

statistische Kenngrößen zum Korrelationskoeffizienten				
n	$\overline{LD}$	$\overline{AP}$	r	$r_{\alpha=0,001}$
31	18,9	19,7	0,99	$r_1 = 0,953; r_2 = 0,997$

statistische Kenngrößen zum WILCOXON-Test					
n	n_{korr}	T	T'	u	$u_{\alpha=0,001}$
31	25	5,95	26,7	2,79	3,09

Tab. 6: Befunde der craniellen Computertomographie

Computertomogramm - Befund	Anzahl
Hydrocephalus internus	7
ohne pathologischen Befund	4
Hydrocephalus internus et externus	2
diffuses Ödem	1
Meningitis	1
Medulloblastom	1

Tab. 7: Statistische Kenngrößen der Aplanationsdruckwerte der Probanden mit unauffälligen und auffälligen Computertomogramm - Befunden
(n = Stichprobenumfang, $\bar{x}$ = Mittelwert des Aplanationsdrucks in cm H₂O, $2s$ = doppelte Standardabweichung)

Computertomogramm - Befund					
unauffällig			auffällig		
n	$\bar{x}$	2s	n	$\bar{x}$	2s
5	9,96	1,8	11	17,2	10,0

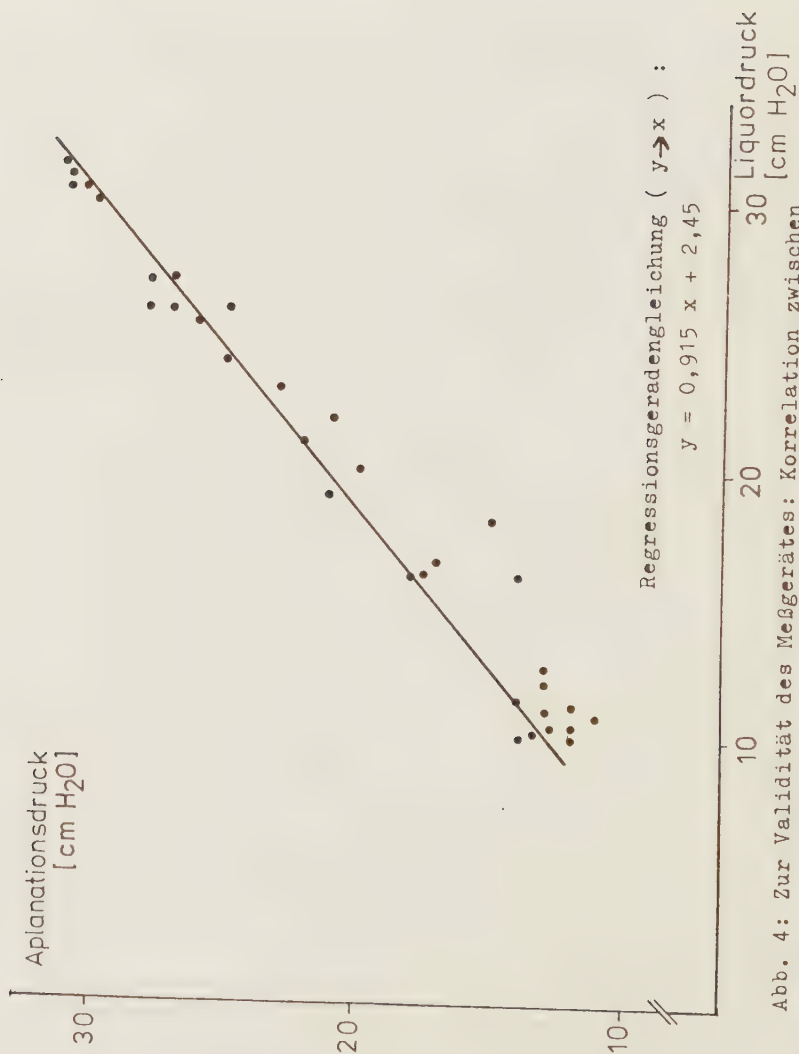
Tab. 8: Fehlermöglichkeit bei kleiner Fontanelle

(LD = Liquordruck, APD = Aplanationsdruck,
 ΔP = Differenzdruck)

Fontanellengröße 1,5 cm x 1,5 cm

Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
LD	5,0	4,8	5,2	4,5	5,4	4,8	5,0	16,0	22,0	6,2
APD	11,0	10,0	11,5	12,0	10,0	11,0	9,0	18,0	21,0	9,0
ΔP	6,0	5,2	6,3	7,5	4,6	6,2	4,0	2,0	1,0	2,8

Queckenstedt-
Versuch



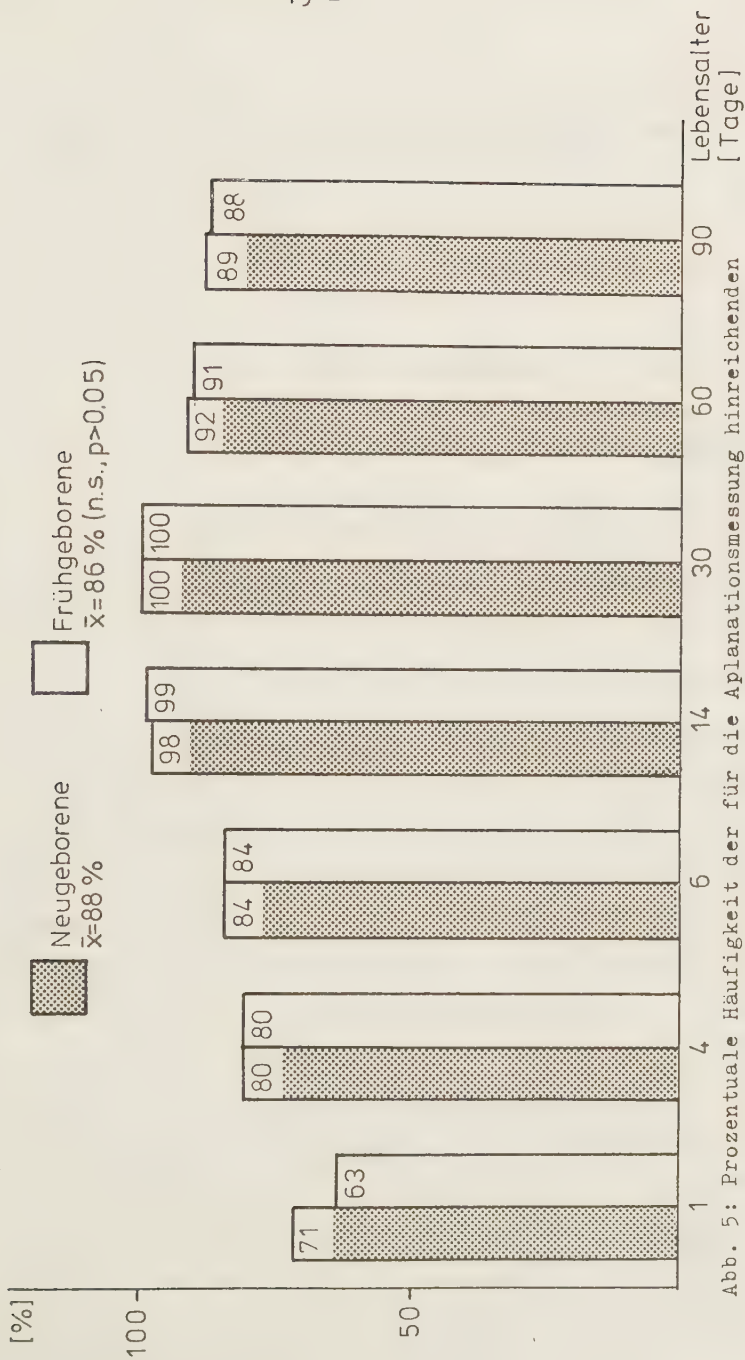


Abb. 5: Prozentuale Häufigkeit der für die Aplanationsmessung hinreichenden Fontanellengröße an den verschiedenen Lebenstagen für Neugeborene und Frühgeborene
($\bar{x}$ = Mittelwert; n.s. = nicht signifikant; α = Irrtumswahrscheinlichkeit)

3.2. Verlaufsbeobachtungen bei Neu- und Frühgeborenen

3.2.1. Verlaufsbeobachtungen von Kopfumfang und Fontanellengröße

Abb. 6 zeigt die Kopfumfangsverläufe bei Neugeborenen und Frühgeborenen der 36. Schwangerschaftswoche. Der Kopfumfang wurde mit einem Stahlzentimetermaß in üblicher Weise fronto-occipital gemessen.

Der mittlere Kopfumfang nimmt bezogen auf den Kopfumfang bei Geburt bei den Beobachtungsgruppen in den ersten sechs Lebenstagen geringfügig ab, um im Verlauf des Beobachtungszeitraumes stetig anzusteigen.

Die Kopfumfangswerte zum Zeitpunkt der Geburt wurden der Neugeborenen-Erstuntersuchung (U 1) des Untersuchungshefts für Kinder entnommen. In den ersten neunzig Lebenstagen verlaufen die Kopfumfangskurven der untersuchten Neu- und Frühgeborenen annähernd parallel zueinander und schneiden sich nicht, wobei die Kopfumfangskurve der Neugeborenen über der der Frühgeborenen verläuft.

Im letzten Drittel des 1. Trimenons kommt es zu einem relativ steileren Anstieg der Kopfumfangskurve der Frühgeborenen gegenüber der von Neugeborenen (Tab. 9).

In Anlehnung an POPICH & SMITH (24) wurde die Fontanellengröße bei Neugeborenen und Frühgeborenen mit Hilfe eines hölzernen Stechzirkels als Mittelwert aus der Summe von Länge und Weite der Fontanelle ermittelt ($\frac{l + w}{2}$). In Abb. 7 ist der Verlauf der Fontanellengröße in den ersten neunzi

Lebenstagen für die untersuchten Kinder dargestellt. Die Kurven beider Gruppen verlaufen ohne Schnittpunkt annähernd parallel zueinander. Die Fontanellen nehmen etwas zu, vom dreißigsten Lebenstag an werden sie wieder kleiner (Tab. 10).

3.2.2. Verlaufsbeobachtungen des Aplanationsdrucks

Mit Hilfe des Aplanationstonometers wurde eine Verlaufsmessung des Aplanationsdrucks während der ersten drei Lebensmonate durchgeführt (Tab. 11).

Der Druckverlauf für Neugeborene einschließlich der zweifachen Standardabweichung ist in Abb. 8 dargestellt. Die Druckwerte schwanken vom ersten bis neunzigsten Lebenstag um 10 cm H₂O; statistisch unterscheiden sich die Druckwerte an den einzelnen Lebenstagen nicht signifikant voneinander (STUDENT-t-Test, Tab. 11).

Im Vergleich dazu zeigt Abb. 9 den Druckverlauf zusätzlich bei den Frühgeborenen der 36. Schwangerschaftswoche. Sie weisen am ersten Lebenstag einen um ca. 2 cm H₂O niedrigeren Druck als reife Neugeborene auf, der sich bis zum 14. Lebenstag signifikant von dem der Neugeborenen unterscheidet (STUDENT-t-Test, Tab. 11). Vom dreißigsten Lebenstag an gleicht sich der Aplanationsdruck Frühgeborener der 36. Schwangerschaftswoche dem der Neugeborenen an.

Der Aplanationsdruck war bei Jungen und Mädchen
gleich.

Tab. 9: Statistische Kenngrößen für den Kopfumfang an verschiedenen Lebenstagen

(GKU = Kopfumfang bei Geburt; n = Stichprobenumfang;
 $\bar{x}$ = Mittelwert; 2s= zweifache Standardabweichung)

K O P F U M F A N G (cm)								
Lebenstag	GKU	1.	4.	6.	14.	30.	60.	90.
Neugeborene	n	69	70	62	45	45	38	36
	$\bar{x}$	34,1	34,1	34,0	34,5	36,0	38,5	39,9
	2s	2,5	2,5	2,6	2,3	2,4	1,6	1,9
Frühgeborene der 36. Schwangerschaftswoche	n	21	21	20	20	7	4	3
	$\bar{x}$	31,2	31,4	31,3	32,2	33,6	36,5	39,0
	2s	2,3	2,4	2,3	2,0	1,3	1,7	1,7

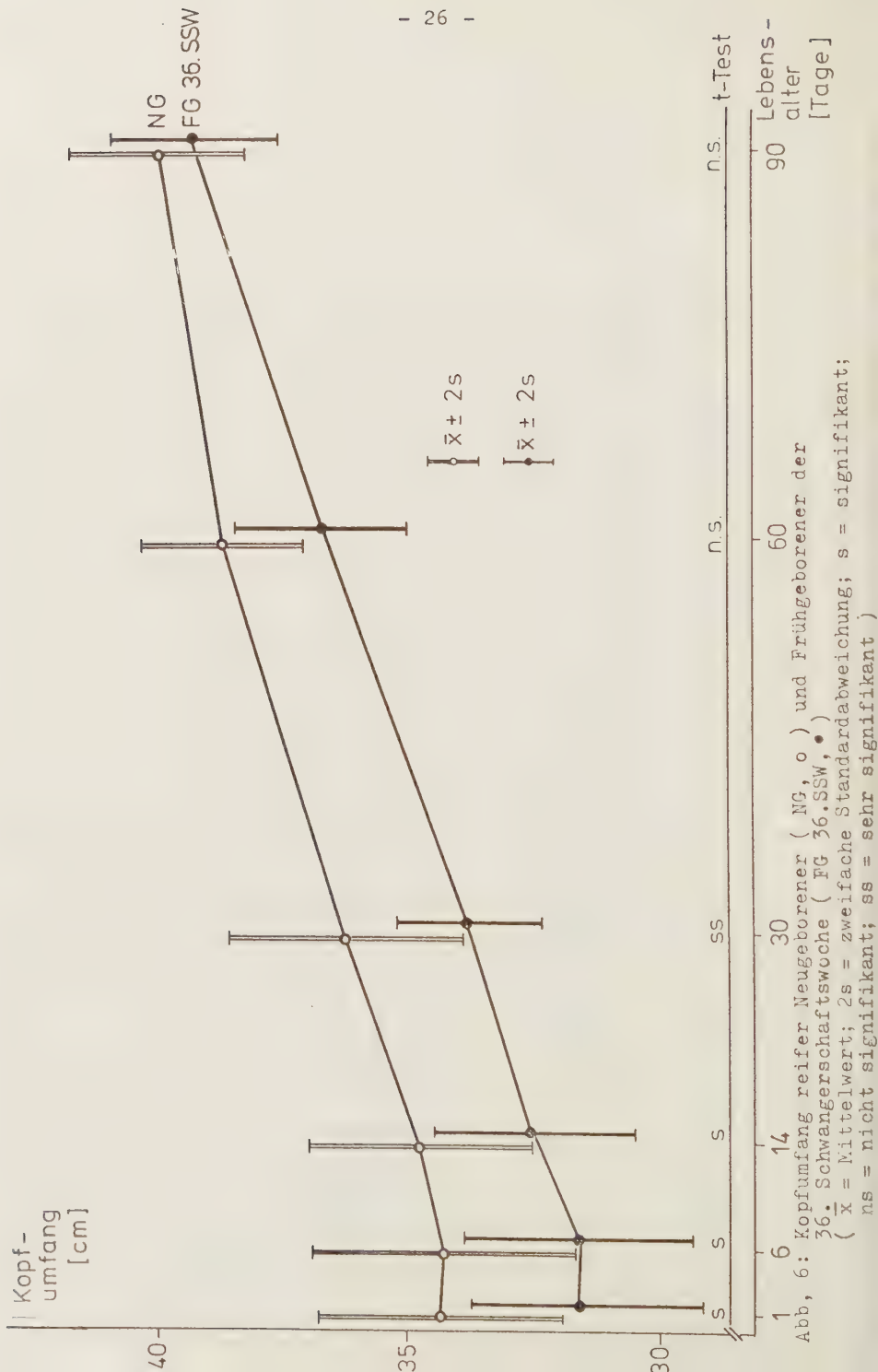
Tab. 10: Statistische Kenngrößen für den Fontanellenindex an verschiedenen Lebenstagen

(	n = Stichprobenumfang;	$\bar{x}$ = Mittelwert;
2s = zweifache Standardabweichung)		

PONTANELLENINDEX (mm)							
Lebenstag	1.	4.	6.	14.	30.	60.	90.
Neugeborene	n	70	71	63	45	38	36
	$\bar{x}$	27,9	31,8	32,6	35,6	37,2	25,1
	2s	23,8	27,6	24,3	23,4	18,8	18,2
Frühgeborene der 36. Schwangerschaftswoche	n	20	20	19	20	4	3
	$\bar{x}$	22,3	26,3	26,4	31,2	31,6	20,3
	2s	16,7	21,4	20,1	22,4	14,2	11,0

Tab.11: Statistische Kenngrößen für den Aplanationsdruck an verschiedenen Lebenstagen
 (n = Stichprobenumfang; $\bar{x}$ = Mittelwert;
 2s = zweifache Standardabweichung)

A P L A N A T I O N S D R U C K (cm H ₂ O)									
Lebenstag	1.	4.	6.	14.	30.	60.	90.		
Neugeborene	n	50	57	53	44	44	35	32	
	$\bar{x}$	10,2	10,3	10,3	10,0	10,2	10,0	10,2	
	2s	2,4	2,1	2,6	1,8	1,6	1,6	0,9	
Frühgeborene der 36. Schwangerschaftswoche	n	9	17	15	19	8	3	2	
	$\bar{x}$	8,1	8,6	8,7	8,9	10,0	9,5	9,8	
	2s	3,6	2,4	2,9	2,4	1,5	4,6	0,6	



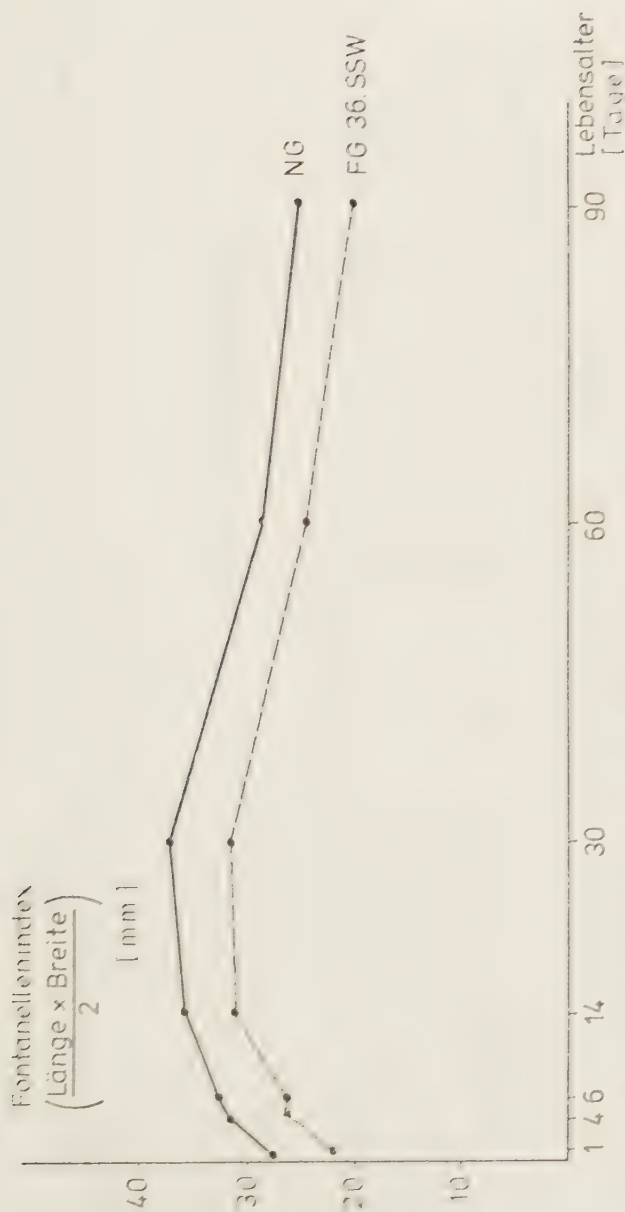


Abb. 1 : Verlaufsentwicklung der Fontanelleingröße bei reifen Neugeborenen (NG)
 und Frühgeborenen der 36. Schwangerschaftswoche (FG 36.SSW) in den
 ersten neunzig Lebenstagen

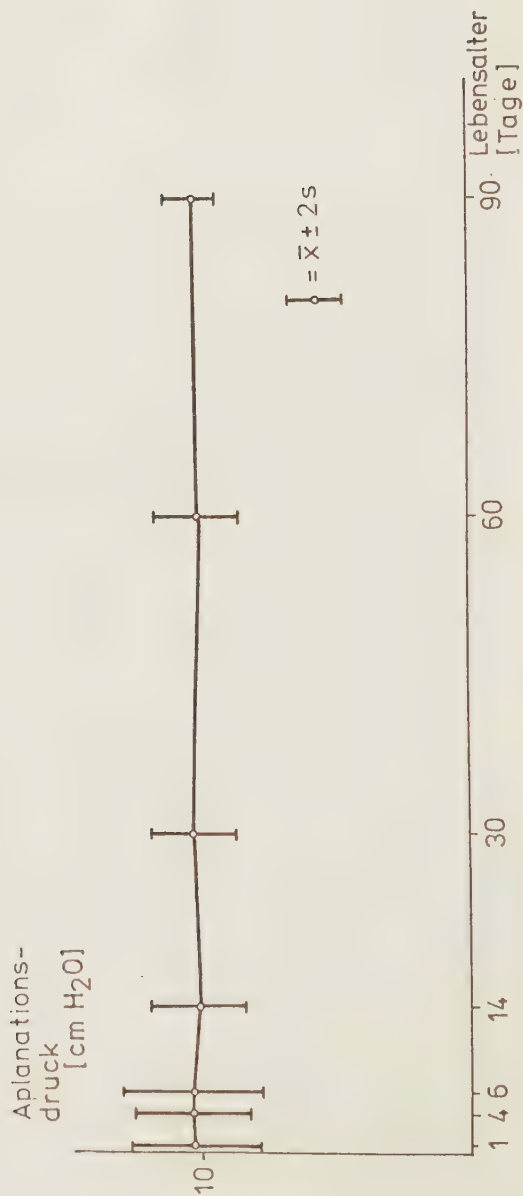


Abb. 8 : Aplationsdruck reifer Neugeborener während des 1. Trimenons

$\bar{x}$ = Mittelwert; $2s$ = zweifache Standardabweichung

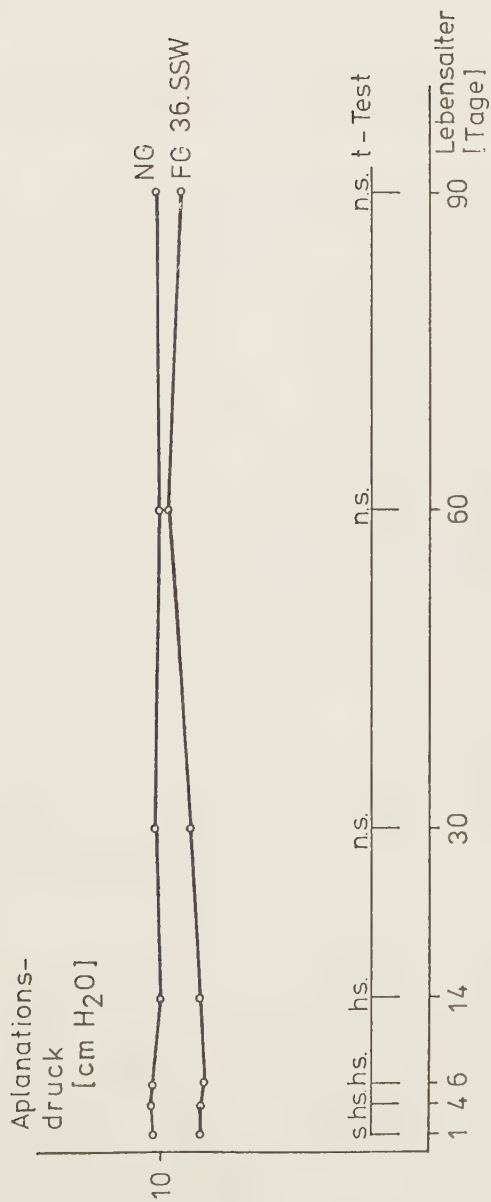


Abb. 9: Vergleich des Aplanationsdrucks reifer Neugeborener (NG) und Frühgeborener der 36. Schwangerschaftswoche (FG 36.SSW)
s = signifikant; hs = hoch signifikant; ns = nicht signifikant

3.3. Fallbeschreibungen

Fall 1

Das weibliche Neugeborene kommt mit einer thorakolumbalen Spina bifida zur Welt. Der Aplanationsdruck beträgt in den ersten Lebenstagen 23 cm H₂O . Abb. 10 zeigt den präfinal auf Werte bis 32 cm H₂O ansteigenden Aplanationsdruck und den Kopfumfangsverlauf, der schon zum Zeitpunkt der Geburt mit 8 cm deutlich über der 97. Kopfumfangsperzentile lag. Das Kind kommt unter den Zeichen eines erhöhten Schädelinnendrucks im zweiten Lebensmonat ad exitum. Eine drei Stunden post mortem durchgeführte Ventrikelpunktion ergab einen Druckwert von 31 cm H₂O und damit eine gute Übereinstimmung mit dem Aplanationsdruck.

Fall 2

Das männliche Neugeborene M.C. wird mit einer Meningoencephalocele geboren. Bereits zum Geburtszeitpunkt besteht ein im cranialen Computertomogramm verifizierter Hydrocephalus internus et externus, der im zweiten Lebensmonat noch stark zunimmt. Die Aplanationsdruckwerte liegen um 20 cm H₂O , die Kopfumfangskurve schneidet gegen Ende der ersten Lebensmonate die 97. Perzentile und liegt im zweiten Lebensmonats 4 cm darüber. Wegen des progredienten Kopfumfangsverlaufs entschließt man sich im Alter von ca. 75 Tagen zur druckentlastenden Shunt-Operation. Der Aplanationsdruck fällt innerhalb der nächsten drei Tage auf Werte um 10 cm H₂O ab; im selben Zeitraum nimmt der Kopfumfang um 3 cm ab. Wegen einer Ventilsepsis mit erneutem

Druck - und Kopfumfangsanstieg erfolgt im dritten Lebensmonat eine Ventilrevision.

Fall 3

Der weibliche Säugling D.M. wird am siebten Lebenstag an einer occipitalen Encephalocele operiert. Im Verlauf der folgenden zwei Wochen steigt der Aplanationsdruck auf Werte bis 28 cm H₂O an, weshalb man sich zur Shuntoperation entschließt; wegen einer Ventilfunktionsstörung mit Sepsis (Klebsiellen) kommt es erneut zum Druckanstieg, sodaß am 23. Lebenstag eine Ventilrevision durchgeführt wird. Wegen erneuter Ventilfunktionsstörung zu Beginn des zweiten Lebensmonats entfernt man die Liquordrainage. Im Verlauf der folgenden eineinhalb Monate steigt der Aplanationsdruck kontinuierlich auf Werte bis zu 25 cm H₂O an und sinkt während einer massiven Diarrhoe auf 13 cm H₂O ab. Der Säugling kommt ad exitum (Abb. 12). Die Kopfumfangsverläufe sind stetig progredient und liegen ausnahmslos über der 97. Percentile.

Fall 4

Das männliche Neugeborene P.A. wird mit Spina bifida und einem konnatalen Hydrocephalus geboren. Mit einem Aplanationsdruck von 15 cm H₂O wird das Kind in eine andere Klinik verlegt. Mit zweieinhalb Lebensmonaten erfolgt die Rückverlegung. Der Kopfumfang liegt oberhalb der 97. Percentile, der Aplanationsdruck beträgt 22 cm H₂O. Nach Shunt-Operation kommt es zum Druckabfall auf 10 cm H₂O (Abb. 13).

Fall 5

Der weibliche Säugling L.R. hat von Geburt an Kopfumfangswerte oberhalb der 97. Percentile bei einem konnatalen Hydrocephalus. Im zweiten Lebensmonat läßt eine craniale Computertomographie einen excessiven Hydrocephalus internus erkennen. Nach Shunt-Operation fallen die Aplanationsdruckwerte von präoperativ 21 auf postoperativ 10 cm H₂O ab (Abb. 14).

Fall 6

Ein Neugeborenes (C.G.) nach Forcepsentbindung entwickelt am ersten Lebenstag ein diffuses Hirnödem, gut erkennbar im cranialen Computertomogramm; zum gleichen Zeitpunkt beträgt der Aplanationsdruck und der manometrisch gemessene Liquordruck 14 cm H₂O. Am zweiten Lebenstag steigt der Aplanationsdruck auf Werte bis zu 28 cm H₂O. Eine medikamentöse Behandlung mit Dexamethason vom zweiten bis zum siebten Lebenstag bei gleichzeitiger Gabe von Phenobarbital senkten den Schädelinnendruck, darstellbar am sinkenden Fontanellendruck (Abb. 9).

Fall 7

Bei einem 10 Monate alten männlichen Säugling H.Ö. mit computertomographisch nachgewiesenem Hydrocephalus internus und Zustand nach Operation einer occipitalen Meningocele wurde während des Nachtschlafs über einen Zeitraum von mehr als 6 Stunden der Aplanationsdruck in Abständen von 5 Minuten kontinuierlich gemessen. Dabei

konnten zweimal Perioden von ca. 40 Minuten Dauer registriert werden, in denen es zu relativ konstant erhöhten Druckwerten kam (sog. Plateau-Wellen, 22). Eine wenige Wochen später durchgeführte intraventrikuläre Druckmessung über 24 Stunden zeigte ebenfalls Plateau-Wellen (Abb. 16).

Fall 8

Bei dem vierzehn Wochen alten T.W. wird vor einer Shunt-Operation bei Hydrocephalus eine Aplanationsdruck-Verlaufskurve während des Nachtschlafs erstellt; die Messungen erfolgen im Wachzustand alle 5, im Schlaf alle 2 Minuten. Abbildung 17 zeigt ähnlich wie Abbildung 16 das Auftreten 15 bis 20 Minuten dauernder erhöhter Druckplateaus.

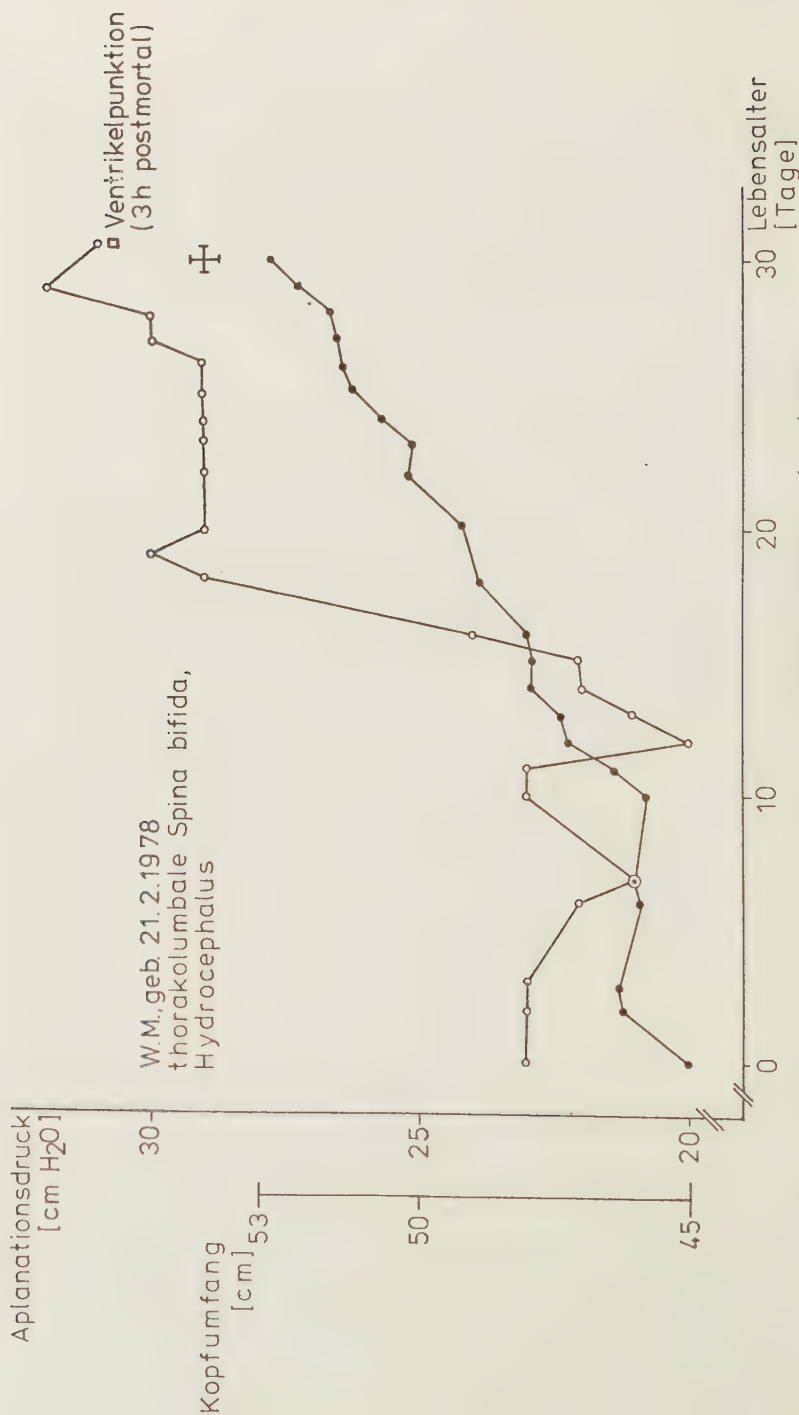
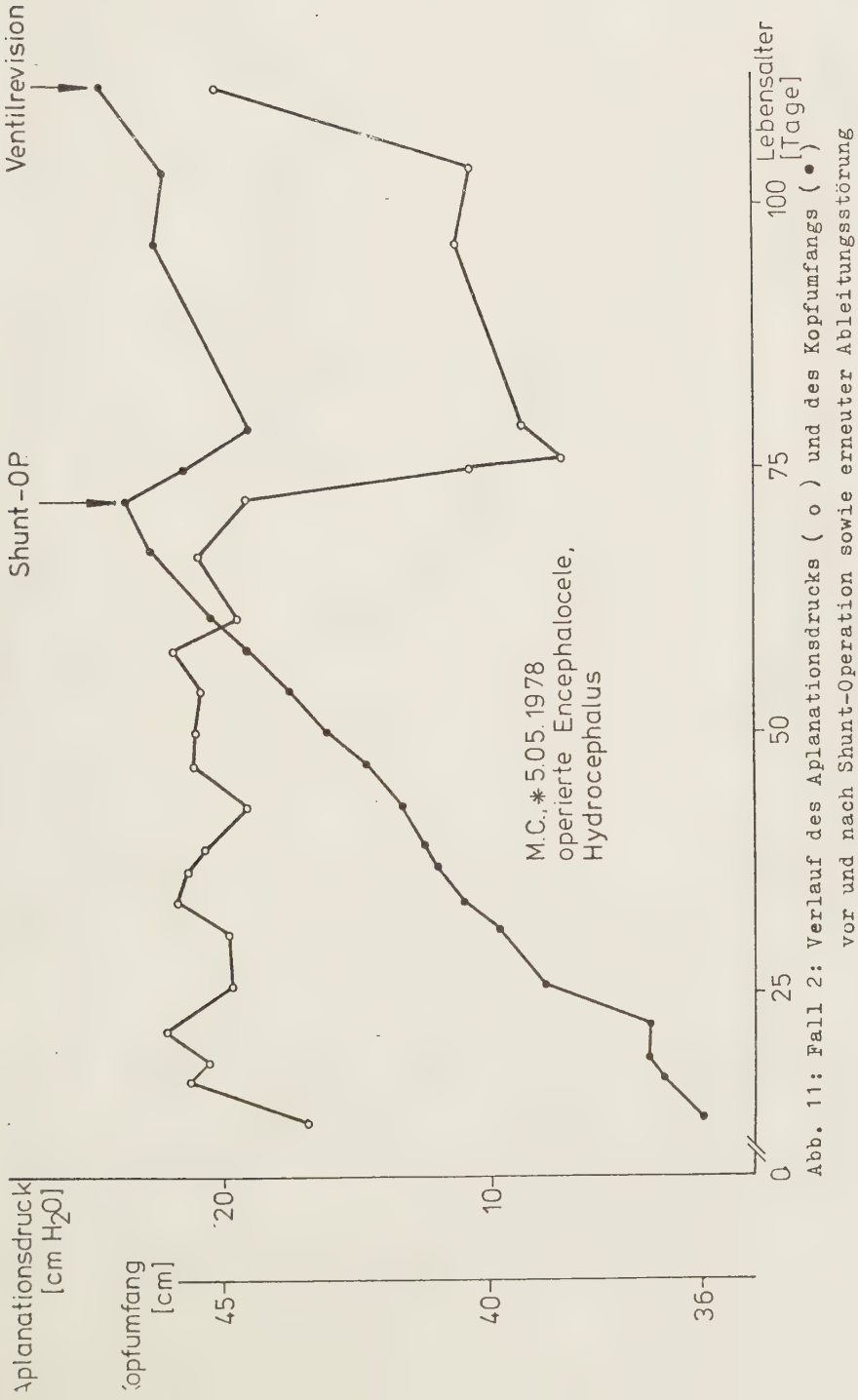
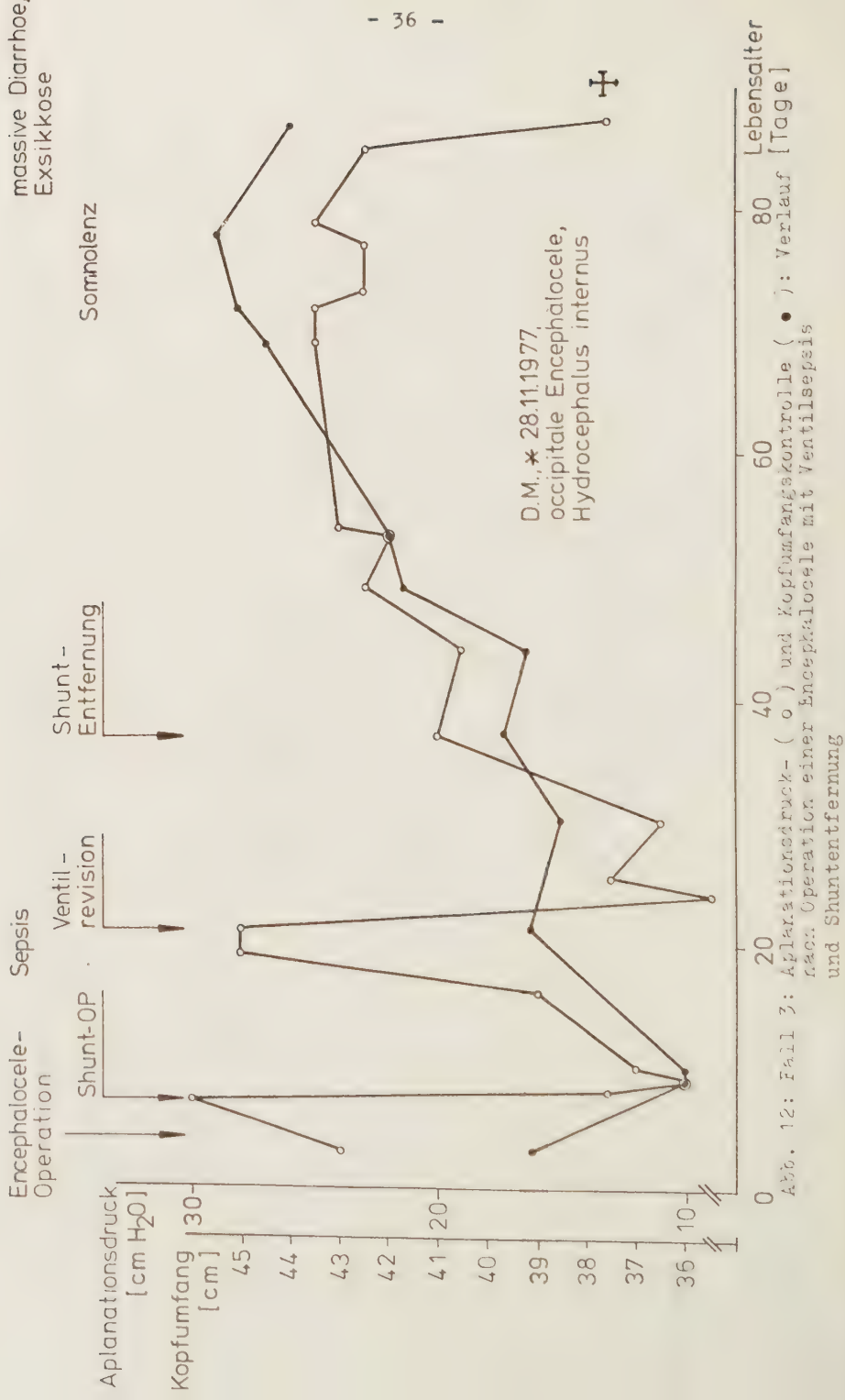


Abb. 10: Fall 1: Verlauf von Aplanationsdruck (●) und Kopfumfang (●) bei aktivem Hydrocephalus ohne Liquorableitung





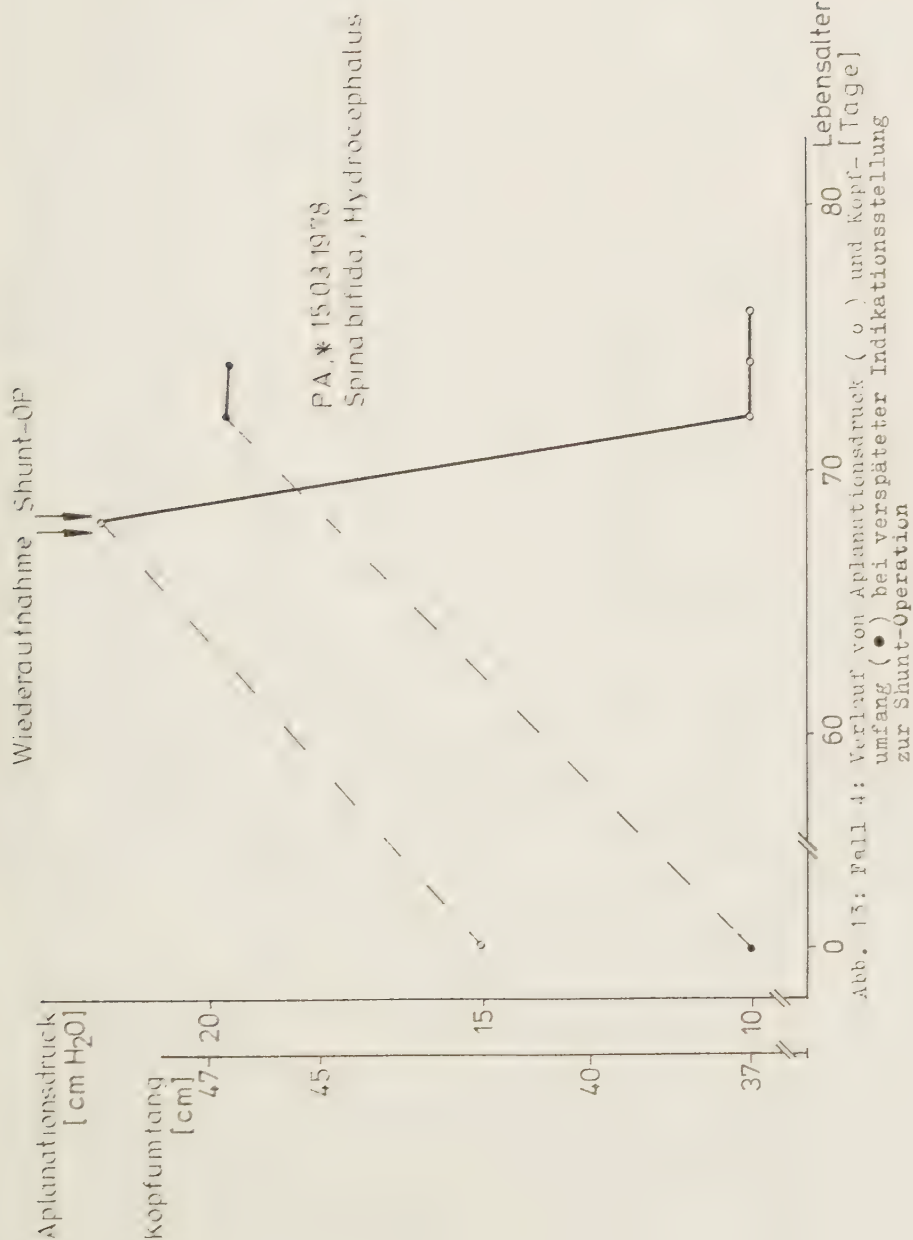




Abb. 14: Fall 5: Postoperative Kontrolle des Aplanationsdrucks (o) und des Kopfumfangs (•) als Maß für die Ventilfunktion. Der Kopfumfang bleibt annähernd konstant.

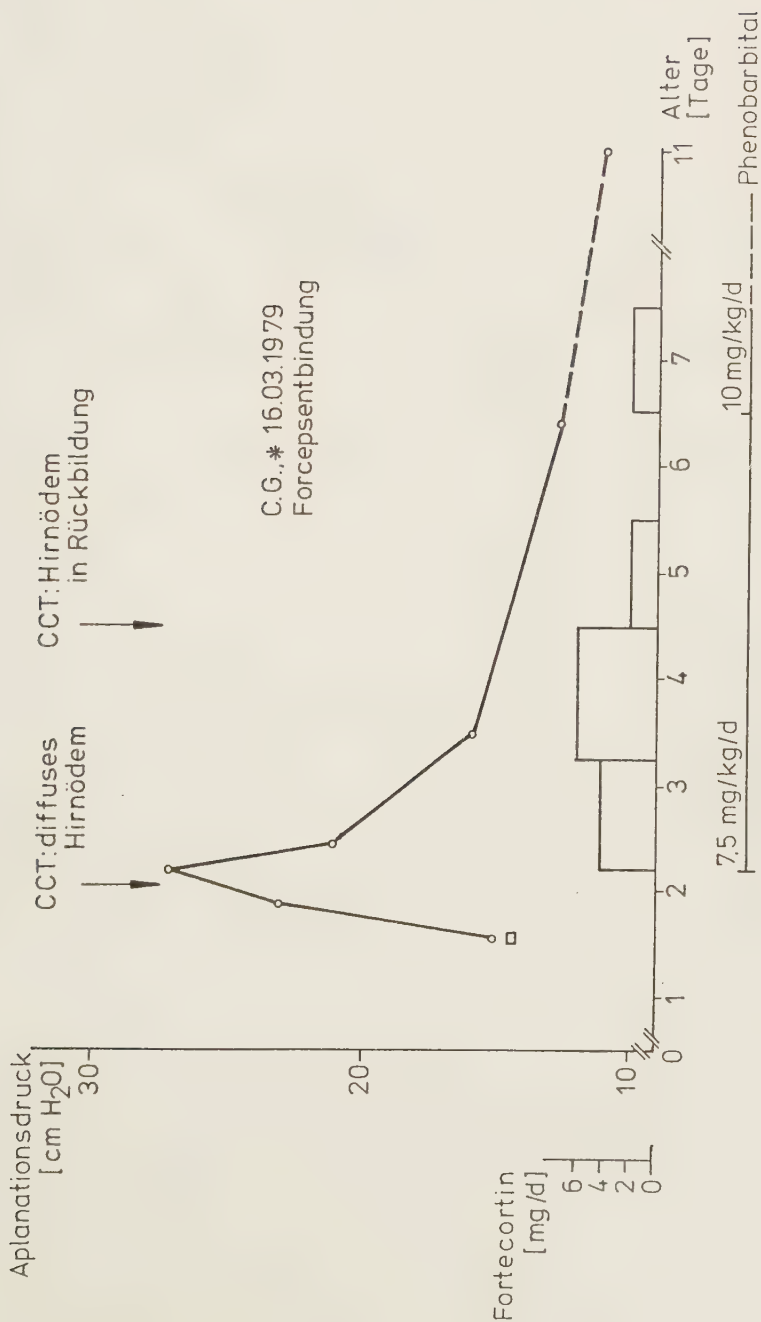


Abb. 15: Fall 6: Verlauf des Aplanationsdrucks (o) unter Entstehung und Behandlung eines posttraumatischen Hirnödems. Liquordruck bei lumbaler Manometrie (□).

Aplanationsdruck
[cm H₂O]

H.Ö., * 19.12.1977, 10 Mon.
Hydrocephalus internus

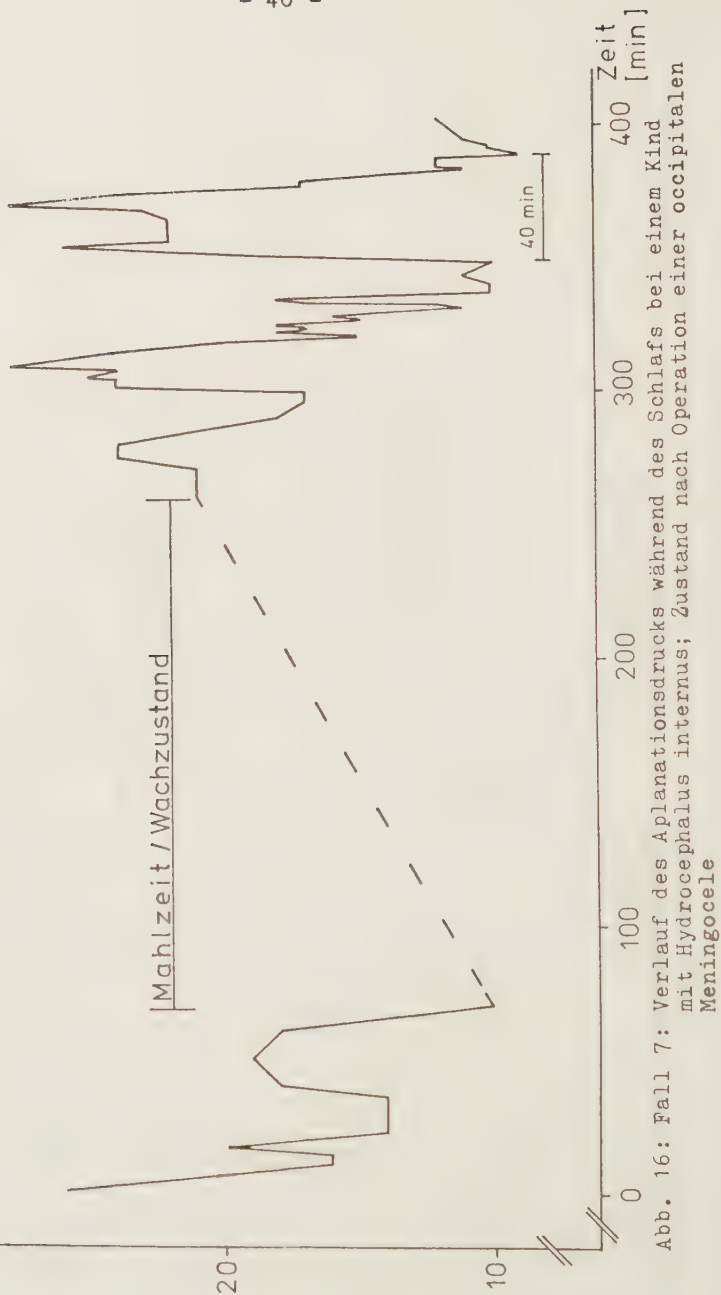


Abb. 16: Fall 7: Verlauf des Aplanationsdrucks während des Schlafs bei einem Kind mit Hydrocephalus internus; Zustand nach Operation einer occipitalen Meningocele

Aplanationsdruck
[cm H₂O]

T.W., x 16.02.1979 : Hydrocephalus vor OP,
Alter 14 Wochen

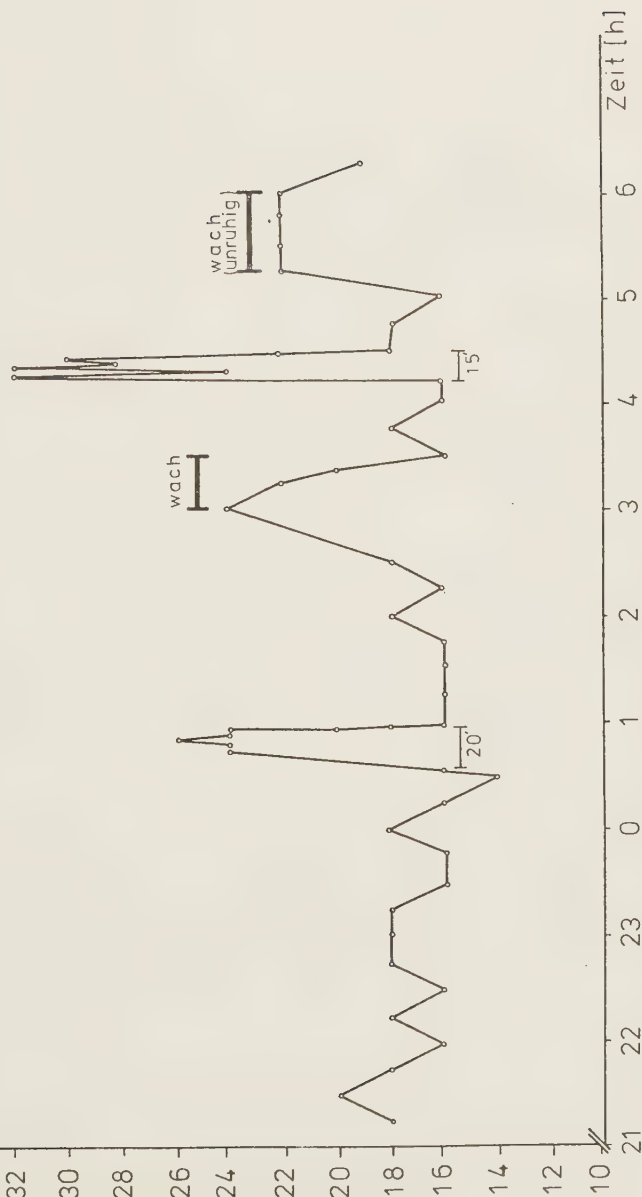


Abb. 17: Fall 8: Aplanationsdruck-Verlaufskurve während des Nachtschlafs:
Messungen im Abstand von 5, bei Druckanstiegen von 2 Minuten

4. Diskussion

In der vorliegenden Arbeit wurde das von BOSTON et al. (1976) angegebene und 1978 modifizierte Aplanations-tonometer auf seine Einsatzmöglichkeit in der klinischen Routine überprüft. Die Korrelation zwischen dem Aplanationsdruck über der großen Fontanelle und dem manometrisch gemessenen Liquordruck lag mit einem Korrelationskoeffizienten von $r = 0,95$ im Bereich langzeitmessender noninvasiver Verfahren (4, 26, 30, 37, 41).

Die Reliabilität der Meßmethode weist einen Messfehler auf, der sich im Bereich der Ablesegenauigkeit (2 cm H₂O Skaleneinteilung) bewegt. Die Zuverlässigkeit des Verfahrens liegt damit im klinisch erforderlichen Rahmen. Die Membraneigenschaften der Fontanelle zeigten im Vergleich zwischen unrasierter und rasierter Haut abweichend von BOSTON und Mitarb. (1976) keinen Unterschied. In der Mehrzahl der Fälle reichte die Fontanellengröße zur Messung aus; bei reifen Neugeborenen konnten in 12 % und bei Frühgeborenen in 14 % der Fälle keine reproduzierbaren Messergebnisse erzielt werden. Dieses Resultat ist vergleichbar dem von ROBINSON (1977), der eine Größenordnung von 10 % angibt.

Die Aplanationsdruckwerte der großen Fontanelle bei reifen Neugeborenen unterscheiden sich im Verlauf der ersten neunzig Lebenstage nicht signifikant voneinander. Methodisch und zeitlich miteinander vergleichbare Untersuchungen zeigen ähnliche Ergebnisse (26, 30).

ROBINSON et al. (1977) fand in den ersten sieben Lebenstagen einen Druck von $10,2 \pm 2,96$ cm H₂O. SALMON et al. (1977) gibt einen Druck von $7,37 \pm 1,45$ mm Hg an; dieser Wert entspricht der Größenordnung gemessen in cm H₂O. VIDYASAGAR et al. (1977) fand mit der fiberoptischen Methode einen mittleren Druck von $10,14 \pm 0,39$ cm H₂O.

Der Fontanellendruck bei den Frühgeborenen der 36. Schwangerschaftswoche lag in den ersten zwei Lebenswochen mit durchschnittlich $8,6 \pm 2,8$ cm H₂O signifikant niedriger als der reifer Neugeborener des gleichen postnatalen Alters. Vom dreißigsten Lebenstag an hat sich der Fontanellendruck der Frühgeborenen der 36. Schwangerschaftswoche dem der gesunden Neugeborenen angeglichen und entspricht damit dem Fontanellendruck von Kindern mit einer klinischen Reife von 40 ± 2 Wochen.

Diese Ergebnisse stehen, bezogen auf die ersten vier postnatalen Wochen der Frühgeborenen der 36. Schwangerschaftswoche, im Gegensatz zu Mitteilungen anderer Autoren (14, 18), die keine Druckunterschiede zwischen diesen beiden Populationen sahen.

Die beobachteten Kopfumfangsverläufe zeigen einen wie von SHER und BROWN (1975) beschriebenen steileren Anstieg im Vergleich zu reifen Neugeborenen. Dieses schnellere Kopfwachstum beruht auf einer zunehmenden fronto-occipitalen Verformung des Kopfes. Von der vierten Woche an nach der Geburt nimmt der Kopf wieder eine rundere Form an (14). In diesem Zeitraum fällt der Druckangleich der von uns

untersuchten Frühgeborenen an den der Neugeborenen. Möglicherweise ist der initiale Druckanstieg auch verantwortlich für das schnellere Kopfwachstum in den ersten 3 Lebensmonaten (31). Bei der Früherkennung eines erhöhten Schädelinnendrucks im Säuglingsalter steht die Messung des Kopfumfangs in der Praxis im Vordergrund. Diese Methode bietet jedoch nur einen orientierenden Anhaltspunkt über die intrakraniellen Druckverhältnisse (Fall 4). Insbesondere versagt die Kopfumfangsmessung bei der Abschätzung von aktuellen Änderungen der Hirndruckdynamik, wie das Fall 5 verdeutlicht.

Die Anwendung der vorliegenden Untersuchungsmethoden bei Säuglingen mit erhöhtem intrakraniellen Druck ließ auf Grund des noninvasiven Charakters der Methode eine differenzierte und frühzeitige Erkennung von Änderungen des Schädelinnendrucks erkennen. Insbesondere konnte frühzeitig die Indikation für eine drucksenkende Therapie (Fall 6) oder für eine Ventiloperation bei Hydrocephaluskindern (Fall 1, 2, 3) gestellt werden.

Die in den Fällen 7 und 8 dargestellten erhöhten Druckwellen während des Nachtschlafs sind jedoch mit der vorliegenden Methode nur sehr aufwendig und weniger differenziert erfassbar. Hierfür bieten sich die technisch aufwendigeren VIDYASAGAR-Langzeitmeßmethoden als geeignetere Verfahren an (37, 38).

Das verwendete Gerät eignet sich auf Grund seiner kleinen Abmessungen, der leichten Handhabung, der schnellen Einsatzbereitschaft, der geringen Unkosten, der Wiederholbarkeit der Messungen, der Zuverlässigkeit der Meßergebnisse und des noninvasiven Charakters der Methode ideal für den wiederholten Einsatz am Krankbett.

Der Hauptanwendungsbereich der Methode liegt bei Säuglingen mit Verdacht auf einen bzw. Nachweis eines erhöhten intrakraniellen Drucks, besonders bei Hydrocephalus.

Im Zusammenhang mit klinischer Symptomatik, Kopfumfang, Echoencephalogramm bzw. cranialer Computertomographie kann mit Hilfe der Aplanationstonometrie eine genauere Bestimmung einer eventuell notwendigen drucksenkenden Therapie erfolgen, und es können Störungen im Krankheitsverlauf frühzeitig erfaßt werden.

5. Zusammenfassung

Ein Instrument, das die Vorteile der direkten Messmethodik mit dem nicht eingreifenden und ungefährlichen Charakter des Aplanationsprinzips verbindet, wurde erstmals von BOSTON et al. (1976) vorgestellt und in der vorliegenden Untersuchung bei einem größeren Patientenkollektiv eingesetzt.

In einem Zeitraum von 7 Monaten wurden bei insgesamt 78 gesunden Neugeborenen und 21 Frühgeborenen unterschiedlicher Schwangerschaftsdauer der Fontanellendruck vom ersten bis zum neunzigsten Lebenstag longitudinal gemessen. Bei insgesamt 45 Kindern mit Verdacht auf einen bzw. Nachweis eines erhöhten Schädelinnendrucks wurden Druck- und Kopfumfangsverläufe erstellt.

Die Validitätsprüfung der Meßmethode ergab mit einem Korrelationskoeffizienten $r \geq 0,95$ einen hohen Zusammenhang.

Der Aplanationsdruck gesunder Neugeborener weist in den ersten 90 Lebenstagen mit geringen Schwankungen Druckwerte um 10 cm Wassersäule auf; statistisch unterscheiden sie sich nicht signifikant voneinander. Im Vergleich mit dem Druckverlauf gesunder Frühgeborener der 36.

Schwangerschaftswoche weisen diese bis einschließlich zum 14. Lebenstag einen deutlichen Unterschied auf. Vom 30. Lebenstag an gleicht sich der Aplanationsdruck Frühgeborener der 36. Schwangerschaftswoche dem reifer Neugeborener an.

Die Anwendung der vorliegenden Untersuchungsmethode bei Säuglingen mit erhöhtem intrakranielltem Druck ließ aufgrund des noninvasiven Charakters der Messung eine differenzierte und frühzeitige Erkennung von Änderungen des Schädelinnendrucks erkennen.

Insbesondere konnte frühzeitig die Indikation für eine drucksenkende Therapie gestellt werden.

Kontinuierliche Messungen, insbesondere zur Erfassung von Plateauwellen, sind jedoch mit der vorliegenden Methode nur sehr aufwendig zu erstellen. Hierfür bietet sich eine von VIDYASAGAR und RAJU (1978) angegebene Langzeitmessung nach dem gleichen Messprinzip an.

Das von uns verwendete Gerät eignet sich aufgrund seiner kleinen Abmessungen, der leichten Handhabung und des nichtinvasiven Charakters der Methode ideal für den wiederholten Einsatz am Krankenbett. Der Hauptanwendungsbereich der Methode liegt bei Säuglingen mit Verdacht bzw. Nachweis eines erhöhten intrakraniellen Drucks, besonders bei Hydrocephalus. Im Zusammenhang mit klinischer Symptomatik, Kopfumfang, Echoencephalogramm bzw. cranialer Computertomographie kann mit Hilfe der Aplationstonometrie eine genauere Bestimmung einer eventuell notwendigen drucksenkenden Therapie erfolgen, und es können Störungen im Krankheitsverlauf frühzeitig erfaßt werden.

6. Literatur

1. BARASHNEV, Y.I., A.F. LEONTIEV

Cerebrospinal fluid pressure in premature infants
with and without birth injury

Pediatrics 44 No. 10: 19 (1965)

2. BEKS, J.W.F., C.A. TER WEEME

Het meten van de intracraniele druk

Ned. T. Genesck. 121 No. 19: 787-789 (1977)

3. BLAAUW, G., J.L. VAN DER BOOS, A. MUS

On pulsations of the fontanelle

Dev. Med. Child Neurol. 16 Suppl. 32: 23-26 (1974)

4. BOSTON, V.E., D.A. HOFMAN, J.E.S. SCOTT

The mechanical aplanation tonometer for the
non-invasive measurement of intracranial pressure
in infants

Z. Kinderchir. 19 Heft 2: 121-128 (1976)

5. DAVIDOFF, L.M., M. CHAMLIN

The " fontanometer ". Adaption of the Schiotz Tonometer
for the determination of intracranial pressure in the
neonates and early periods of infancy

Pediatrics 24: 1065-1068 (1959)

6. DAVSON H.

Dynamic aspects of cerebrospinal fluids

Dev. Med. Child Neurol. 14 Suppl. 27: 1-16 (1972)

7. DIETZE, R., R. MEYER, J. VESPER

Über Pulsationsmessung und Darstellung an der
offenen Fontanelle major

Psychiat. Neurol. med. Psychol., Leipzig 24:
35-40 (1972)

8. DORSCH, N.W.C., L. SYMON

A practical technique for monitoring extradural pressure

J. Neurosurg. 42: 249 (1975)

9. EDWARDS, J.

Intracranial pressure tonometer for use on neonates:
Preliminary report

Dev. Med. Child Neurol. 16: 38-39 (1974)

10. FARR, V., R.G. MITCHELL, G.A. NELIGAN,
J.M. PARKIN
The definition of some external characteristics
used in the assessment of gestational age in the
newborn infant
Develop. Med. Child Neurol. 8: 507-511 (1966)
11. HAYDEN, P.W., D.B. SHURTLEFF, E.L. FOLTZ
Ventricular fluid pressure recordings in
hydrocephalic patients
Arch. Neurol. 23: 147-154 (1970)
12. HIRSCH, J.F., J. LACOMBE, L. BARRITAU, A. PIERRE-KAHN,
R. NGEH, J.N. RIMBERT, A. ZOUAOU, J. MISES, V. GABERSEK
(Intracranial pressure and cerebral blood volume
in infant hydrocephalus during sleep)
Neurochirurgie 25: 31-36 (1979)
13. HOPPERSTEIN, R.
A device for measuring intracranial pressure
Lancet 1: 90 (1965)
14. HULME, A., R. COOPER
A technique for the investigation of intracranial
pressure in man
J. Neurol. Neurosurg. Psychiat. 29: 154 (1966)
15. DE LANGE, S.A., D.A. DE JONG, A.R. MAAS
Experience with the so-called Rotterdam
Epidural Teletransducer
Z. Kinderchir. 22 Heft 4: 425-429 (1977)
16. LARGO, R.H., G. DUC
Head growth and changes in head configuration
in healthy preterm and term infants during the
first six months of life
Helv. paediat. Acta 32: 431-442 (1977)
17. LEHETA, F.
Diagnose und Therapie des frühkindlichen
Hydrocephalus
Med. Klin. 69: 617-625 (1974)
18. LUNDBERG, N.
Continuous recording and control of ventricular
fluid pressure in neurosurgical practice
Acta psychiat. Scand Suppl. 149: 39 (1960)

19. MINNS, R.A.

Clinical application of ventricular pressure
monotoring in children

Z. Kinderchir. 22 Heft 4: 430-443 (1977)

20. MORTIER, W.

Klinische Aspekte des Hydrocephalus

In: BACHMANN, EWERBECK, JOPPICH,
KLEINHAUER, ROSSI, STALDER (Hrg.)

Pädiatrie in Praxis und Klinik, Band III

Thieme Verlag, Stuttgart, im Druck

21. NUMOTO, M., J.K. WALLMANN

Pressure indicating bag for monotoring
intracranial pressure

J. Neurosurg. 39: 784-787 (1973)

22. PARAICZ, E., J. VAJDA

Fortlaufende Registrierung der intraventrikulären
Druckwellen bei Hydrocephalus im Säuglingsalter

Neurochirurgica 18: 43-51 (1975)

23. PIERRE-KAHN, A., V. GABERSEK, J.F. HIRSCH

Intracranial pressure and rapid-eye-movement
sleep in hydrocephalus

Child's Brain 2: 156-166 (1976)

24. POPICH, G.A., D.W. SMITH

Fontanels: range of normal size

J. Pediatrics 80 No. 5: 749-752 (1972)

25. PURIN, V.R.

Measuring intracranial pressure of a child
without the help of puncture. A new method

Pediatrics 43 No. 5: 82-85 (1964)

26. ROBINSON, R.O., P. ROLFE, P. SUTTON

Non-invasive method for measuring intracranial
pressure in normal newborn infants

Dev. Med. Child Neurol. 19: 305-308 (1977)

27. ROTTER, W.

Lehrbuch der Pathologie für den ersten Abschnitt
der ärztlichen Prüfung, Band II.

F. K. Schattauer, Stuttgart - New York:
430-431 (1975)

28. RICHARD, K.E.
Liquorventrikeldruckmessung mit Mikrokatheter und
druckkontrollierte externe Liquordrainage
Acta Neurochirurgica 38: 73-87 (1977)
29. RIECHERT, T., K.-D. HEINES
Über zwei Untersuchungsmethoden zur Beurteilung
der Hirndurchblutung
Der Nervenarzt 21 Heft 1: 9-16 (1950)
30. SALMON, J.H., W. HAJJAR, H.S. BADA
The fontogram: A noninvasive intracranial
pressure monitor
Pediatrics 60 No. 5: 721-725 (1977)
31. SHER, P.K., S.B. BROWN
A. longitudinal study of head growth in preterm
infants. I: Normal rates of head growth
Dev. Med. Child Neurol. 17: 705-710 (1975)
32. SIEGENTHALER , W. (Hrsg.)
Klinische Pathophysiologie
Thieme Verlag, Stuttgart, 3. Aufl.:
1032-1033 (1976)
33. TINDALL, G.T., C.P. MC GRAW, K. IWATA
Cardiorespiratory changes associated with plateau
waves in patients with head injury
in: BROCK, U. und H. DIETZ (Hrsg.)
Intracranial pressure I
Springer, Berlin-Heidelberg-New York:
227-231 (1972)
34. ULRICH, J.
Grundriß der Neuropathologie
Springer, Berlin-Heidelberg-New York:
30-32 (1975)
35. VERT, P., M. ANDRE, M. SIBOUT
Continous positive airway pressure and hydrocephalus
Lancet 2: 319 (1973)
36. VERT, P., P. MARVIN, M. SIBOUT
Intracranial venouspressure in newborns: Variations
in physiological state and neurologic and
respiratory disorders
in: STERN, L. B. PRIIS-HANSEN, P. KILDEBERG (Hrsg.)
Intensive care in the newborn
New York, Masson Publishing USA Inc. 185-196 (1976)

37. VIDYASAGAR, D., T.N.K. RAJU
A simple noninvasive technique of measuring
intracranial pressure in the newborn
Pediatrics 59: 957 (1977)
38. VIDYASAGAR, D., T.N.K. RAJU
Clinical significance of monitoring anterior
fontanel pressure in sick neonates and infants
Pediatrics 62: 996-999 (1978)
39. VOLPE, J.J.
Neurological disorders
in: AVERY, G.B. (Hrsg.)
Neonatology; Pathophysiology and management
of the newborn
Philadelphia, J.B. Lippincott Co.: 729-795 (1975)
40. VRIES, J.K., D.P. BECKER, H.F. YOUNG
Subarachnoid screw for monitoring intracranial
pressure. Technical note
J. Neurosurg. 39: 416 (1973)
41. WEALTHALL, S.R., R. SMALLWOOD
Methods of measuring intracranial pressure via
the fontanelle without puncture
J. Neurol. Neurosurg. Psychiat. 37: 88-96 (1974)
42. ZOLLINGER, H.U.
Pathologische Anatomie, Band II
Spezielle Pathologie
4. völlig überarbeitete Auflage
Thieme, Stuttgart: 535-536 (1976)

Für die hilfreiche Unterstützung bei den statistischen Auswertungen danke ich Herrn Prof. Dr. J. Morgenstern (Abt. Biomedizinische Technik der Universitätsfrauenklinik Düsseldorf) und Herrn Dipl.-Psych. H. Morjan.

Kleinere Testverfahren wurden unter Verwendung von

1. CLAUSS, G., H. EBNER

Grundlagen der Statistik für Psychologen,
Pädagogen und Soziologen

Verlag Harri Deutsch, Frankfurt am Main und Zürich (1972)

2. HARMS, V.

Biomathematik, Statistik und Dokumentation. Eine leicht verständliche Einführung.

2. stark erweiterte Auflage, Harms Verlag Kiel (1977)
erstellt.

Die in dieser Arbeit verwendeten Computertomogramm-Befunde wurden in der Neurochirurgischen Universitätsklinik Düsseldorf (Direktor: Prof. Dr.med. W.J. Bock) erstellt.

Herrn Prof.Dr.med. Dipl.-Psych. W. Mortier danke ich für
die Überlassung des Themas und die Durchsicht der Arbeit.

Mein Dank gilt auch Herrn Dr.med. R. Pothmann für die
vielen theoretischen und praktischen Hinweise bei der
Durchführung der Untersuchungen.

L e b e n s l a u f

Am 28.Juli 1951 wurde ich als zweiter Sohn des Postbeamten Heinrich Daniels und der Hausfrau Maria Daniels geb.Sauer in Neuß geboren.

Nach vierjährigem Besuch der Volksschule legte ich am 21.Mai 1971 das Abitur am Theodor-Schwann-Gymnasium in Neuß ab.

Es folgte ein siebenmonatiges Krankenpflegepraktikum und bis März 1973 der fünfzehnmonatige Grundwehrdienst.

Im Sommersemester 1973 immatrikulierte ich mich im Fach Chemie an der Universität Düsseldorf, an der ich nach dem Fachwechsel zum Studium der Medizin im Mai 1980 den Dritten Abschnitt der Ärztlichen Prüfung ablegte.

Im Juni 1980 erhielt ich die Approbation als Arzt.

